

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(11) **DE 3531227 A1**

(51) Int. Cl. 4:  
**B 21 D 53/84**  
F 02 C 7/18  
F 23 R 3/42

(21) Aktenzeichen: P 35 31 227.0  
(22) Anmeldetag: 31. 8. 85  
(23) Offenlegungstag: 5. 3. 87

**DE 3531227 A1**

(71) Anmelder:

General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

(74) Vertreter:

Schüler, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 6000  
Frankfurt

(72) Erfinder:

Kelm, James Samuel, Milford, Ohio, US; Ludwig,  
Arthur Loronz; Maclin, Harvey Michael, Cincinnati,  
Ohio, US; Roggenkamp, Steven Karl; Wakeman,  
Thomas George, West Chester, Ohio, US

(54) Flammrohr und Verfahren zu seiner Herstellung

Es werden ein Verfahren zur Herstellung von Metallblechpaneelen bzw. -platten und ein dadurch hergestellter Gegenstand angegeben. Gemäß einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens wird ein Paneel bzw. eine Platte aus Metallblech bereitgestellt, die Platte wird perforiert, um mehrere Löcher auszubilden, die Platte wird in eine vorgewählte Krümmung um eine longitudinale Mittellinie geformt, der Vorderkantenabschnitt der Platte wird zu einem Vorderflansch geformt, dann wird eine Schulter in der Platte mittig zu den Löchern geformt, wobei die Schulter senkrecht von einer Plattenoberfläche ausgeht, ein äußerer Teil der Schulter wird zu einer Lippe gebogen und die die Schulter und die Lippe bildenden Abschnitte der Platte werden miteinander verbunden.

**DE 3531227 A1**

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Platte (Paneele) zur Verwendung in einem Gasturbinenmotor gekennzeichnet durch:

- a) Herstellen einer Platte aus Metallblech, die erste und zweite gegenüberliegende Stirnflächen und gegenüberliegende Vorder- und Hinterkanten aufweist, die im wesentlichen senkrecht zu einer Mittellinie ausgerichtet sind, die sich zwischen den Vorder- und Hinterkanten erstreckt, 10
- b) Perforieren der Platte zur Ausbildung mehrerer Löcher, die sich durch die ersten und zweiten Oberflächen hindurch erstrecken und im wesentlichen parallel zu und im Abstand von der Hinterkante der Platte ausgerichtet sind, 15
- c) Ausbilden einer Schulter in der Platte, die von der ersten Oberfläche der Platte ausgeht und die im wesentlichen aneinander anliegenden, quer verlaufende Abschnitte der Platte aufweist, wobei der Scheitel der Schulter im wesentlichen parallel zu der Hinterkante der Platte ausgebildet und entlang den Mittelpunkten der Löcher ausgerichtet ist, und 20
- d) Biegen eines äußeren Abschnittes der Schulter zu einer Lippe, die im wesentlichen senkrecht von einem Basisabschnitt der Schulter ausgeht, 30

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschnitte der Platte, die die Schulter bilden, zusammengebogen werden, wobei die Schulter den Basisabschnitt und die Lippe aufweist. 35

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jedes in der Platte ausgebildete Loch mit einer langgestreckten Form versehen wird, wobei eine Hauptachse des Loches im wesentlichen parallel zu der longitudinalen Mittellinie verläuft. 40

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte zu einer kegelstumpfförmigen Form geformt wird. 45

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens die zweite Oberfläche der Platte mit einem thermischen Schutzüberzug überzogen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte tiefgezogen wird, um mehrere Vertiefungen auszubilden, die in einer Richtung parallel zu der axialen Mittellinie langgestreckt sind. 50

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nahe der Plattenmitte ein im wesentlichen kreisförmiges Verdünnungsloch durch die Platte hindurch ausgebildet wird und an dem Verdünnungsloch eine Verdünnungsöse an der Platte befestigt wird. 55

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorderkante der Platte mit Kernen versehen wird zur Ausbildung von mehreren Zacken.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abschnitt der Platte, der neben der Vorderkante angeordnet ist, zu einem vorderen Flansch geformt wird. 60

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß neben dem vorderen Flansch mehrere Kühllöcher durch die Platte hindurch ausgebildet werden.

11. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der vordere Flansch so geformt wird, daß er von der zweiten Oberfläche der Platte in einer im wesentlichen halbkreisförmigen Form aus geht und sich in Richtung auf die Hinterkante der Platte öffnet.

12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11 zum Herstellen einer Metallblech Brennerauskleidungsplatte, die, wenn sie mit mehreren anderen Platten verbunden ist, eine Auskleidung bzw. ein Flammrohr für einen Brenner bildet gekennzeichnet durch:

a) Herstellen einer im wesentlichen rechtwinkligen Platte aus Metallblech, die Vorder- und Hinterkanten, die im wesentlichen senkrecht zu einer longitudinalen Mittellinie der Platte verlaufen, und zwei Seitenkanten aufweist, die im wesentlichen parallel zu der longitudinalen Mittellinie verlaufen,

b) Perforieren der Platte zur Ausbildung mehrerer langgestreckter Löcher, die parallel zu und im Abstand von der Hinterkante angeordnet sind, wobei eine Hauptachse jedes Loches parallel zu der longitudinalen Mittellinie verläuft,

c) Formen der Platte zu einem Bogen um die longitudinale Mittellinie, wobei der Bogen einen Radius hat, der gleich einem entsprechenden Radius der Brennerauskleidung ist,

d) Formen eines Abschnittes der Platte neben der Vorderkante zu einem im wesentlichen halbkreisförmigen Vorderflansch, der von einer zweiten Plattenoberfläche ausgeht und sich in Richtung auf die Hinterkante der Platte öffnet,

e) Formen einer Schulter in der Platte, die im Abstand von der Hinterkante angeordnet ist und im wesentlichen senkrecht von der ersten Plattenoberfläche ausgeht, wobei die Schulter im wesentlichen aneinander anstoßende, quer verlaufende Abschnitte der Platte bildet und einen Scheitel aufweist, der im wesentlichen entlang den Mittelpunkten der Löcher ausgerichtet ist,

f) Biegen eines äußeren Abschnittes der Schulter zu einer Lippe, die sich im wesentlichen senkrecht von einem Basisabschnitt der Schulter in Richtung auf die Vorderkante erstreckt,

g) Einsetzen von Füllmaterial zwischen die die Schulter bildenden Plattenabschnitte und Verbinden dieser Abschnitte und

h) Ausbilden von mehreren Kühlöchern neben dem Vorderflansch durch die Platte hindurch.

13. Metallblechpaneele bzw. -platte, gekennzeichnet durch:  
einen Plattenteil (16) mit ersten und zweiten entgegengesetzten gerichteten Oberflächen (56, 64), die durch eine Vorderkante (32), eine Hinterkante (34) und erste und zweite gegenüberliegende Seitenkanten (38, 39) begrenzt ist, eine integrale Schulter (22) in dem Plattenteil (16),

die im Abstand von und im wesentlichen parallel zu der Hinterkante (34) angeordnet ist, wobei die Schulter (22) im wesentlichen aneinander anliegende, gefaltete Abschnitte (66, 68) des Plattenteils bildet und einen Basisabschnitt (73), der von der ersten Oberfläche (56) ausgeht, und eine Lippe (72) aufweist, die von einem äußeren Ende des Basisabschnittes (73) ausgeht, wobei die gefalteten Abschnitte (66, 68) aneinander anliegende Oberflächen aufweisen, die Teile der zweiten Oberfläche (64) des Plattenteils (16) bilden.

14. Platte nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß sich ein Vorderflansch (28) im wesentlichen senkrecht von der zweiten Oberfläche (64) des Plattenteils (16) neben dessen Vorderkante (32) erstreckt.

15. Platte nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Plattenteil (16) mehrere Kühlöcher (74) im Abstand von dem Vorderflansch (28) und entlang einer Linie angeordnet sind, die im wesentlichen parallel zur Vorderkante (32) des Plattenteils (16) verläuft.

16. Platte nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß in der ersten Oberfläche (56) des Plattenteils (16) mehrere Vertiefungen (54) im Abstand von und entlang einer Linie im wesentlichen parallel zur Vorderkante (32) des Plattenteils (16) angeordnet sind.

17. Platte nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Schulter (22) mehrere im Abstand angeordnete Kerben (44) aufweist, die die Lippe (72) in mehrere Lippenabschnitte (72a) unterteilen und die das Außenende des Basisabschnittes (73) in mehrere Basisabschnitte (73a) unterteilen, wobei die Basisabschnitte (73a) im wesentlichen senkrecht von der ersten Plattenoberfläche (56) ausgehen und die Lippenabschnitte (72a) sich in Richtung auf die Vorderkante (32) des Plattenteils (16) erstrecken.

18. Platte nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Plattenteil (16) kegelstumpfförmig ist und die zweite Plattenoberfläche (64) konkav ist.

19. Platte nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Plattenteil (16) ein kreisförmiges Loch (48), das nahe der Mitte des Plattenteils angeordnet ist, und ein rohrförmiges Teil (50) aufweist, das daran befestigt und mit dem kreisförmigen Loch (48) fluchtend ausgerichtet ist.

#### Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf Verfahren zur Herstellung einer Metallblechtafel für eine Auskleidung, beispielsweise eine Brenner-Auskleidung bzw. ein Flammrohr, und auf ein verbessertes Flammrohr.

Die Verkleidung bzw. das Flammrohr in dem Brenner eines Gasturbinenmotors ist hohen thermischen Beanspruchungen ausgesetzt. Die maximale Verbrennungs-temperatur, der die Verkleidung ausgesetzt werden kann, bevor in ihr ein struktureller Fehler auftreten kann, wie beispielsweise eine Verwerfung oder Rißbildung, stellt eine Betriebsgrenze für das Triebwerk bzw. den Motor dar. Ferner erfordert eine Beschädigung eines Teils einer bekannten durchgehenden Verkleidung einen Austausch der gesamten Verkleidung.

Eine verbesserte Brennerauskleidung ist entwickelt worden, um strukturelle Fehler zu verkleinern und die Auswechselung von nur einem beschädigten Teil einer Auskleidung zu erleichtern, anstatt daß die gesamte

Auskleidung ausgetauscht wird. Diese neue Anordnung weist mehrere Auskleidungsplatten auf, die axial und in Umfangsrichtung benachbart zueinander angeordnet und auf einem tragenden Rahmen gleitend angebracht sind. Ein derartiges Flammrohr ist in der US-PS 42 53 301 beschrieben.

Die Paneelen (Platten) einer derartigen Auskleidung bzw. eines derartigen Flammrohrs können durch verschiedene Verfahren hergestellt werden. Aufgrund der komplexen Form jeder Paneele werden die Paneelen jedoch üblicherweise gegossen. Das Gießen von Paneelen ist zwar ein akzeptables Fertigungsverfahren, es beinhaltet jedoch gewisse Einschränkungen. Beispielsweise haben bei der gegenwärtigen Gießtechnologie die dünneren Teile der gegegossenen Paneelen eine minimale Dicke, die im allgemeinen größer ist als es für eine angemessene strukturelle Festigkeit erforderlich ist. Die minimale, gießbare Dicke fügt der Paneele unnötiges Gewicht hinzu und vergrößert das Gewicht des Brenners und des Triebwerks. Weiterhin vergrößert das zusätzliche Gießmaterial, das für die minimale Dicke erforderlich ist, die Kosten der Paneele.

Eine weitere Einschränkung beim Gießen der Auskleidungspaneelen stellen die Kosten dar. Die verwendete Gießmaschine und die Zeit, die zum anschließenden maschinellen Bearbeiten der Paneelen erforderlich ist, können relativ teuer sein, wodurch die Gesamtkosten eines Triebwerks erhöht werden.

Es ist deshalb eine Aufgabe der Erfindung, ein neues und verbessertes Verfahren zum Herstellen von Metallblechpaneelen zu schaffen. Dabei soll die für die Paneele erforderliche Materialmenge kleiner sein, als dies für ein Gießverfahren erforderlich ist, wodurch das Gewicht der Paneelen gesenkt wird. Ferner sollen die Fertigungszeit verkürzt und der Aufbau der Paneelen vereinfacht werden. Schließlich soll eine neue und verbesserte Paneele bzw. Platte für einen Brenner geschaffen werden.

Bei dem Verfahren gemäß der Erfindung wird eine Paneele (Platte) aus Blechmetall gebildet, die Paneele mit mehreren Löchern versehen, eine Schulter in der Paneele zentrisch zu den Löchern gebildet, damit sie von einer Paneelenoberfläche im wesentlichen senkrecht ausgeht, und der äußere Teil der Schulter zu einer Lippe gebogen.

Gemäß zusätzlichen Schritten kann die Paneele in eine vorgewählte Kurvenform um eine longitudinale Mittellinie gebracht werden, der Vorderkantenteil der Paneele kann zu einem Vorderflansch geformt werden und die Teile der Paneele, die die Schulter und die Lippe aufweisen, können verbunden werden.

Ferner können gemäß dem Verfahren nach der Erfindung mehrere Kühlöcher durch die Paneele hindurch, neben dem Vorderflansch ausgebildet werden, und die Paneele kann tiefgezogen werden, um darin mehrere Vertiefungen auszubilden und die Biegebeständigkeit der Platte in einer gewählten Richtung zu vergrößern.

Die Erfindung wird nun mit weiteren Merkmalen und Vorteilen anhand der Beschreibung und Zeichnung von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Fig. 1 ist eine Querschnittsansicht von einem ringförmigen Brenner eines Axialströmungs-Gasturbinentriebwerks, das Metallblechpaneelen enthält, die gemäß einem Ausführungsbeispiel des Verfahrens gemäß der Erfindung hergestellt sind.

Fig. 2 ist eine isometrische Ansicht von einer Paneele mit Löchern und Vertiefungen, nachdem die Paneele aus dem Metallblech herausgenommen ist.

Fig. 3 ist eine isometrische Ansicht der Paneele gemäß Fig. 2 und zeigt einen vorderen Flansch und eine Zwischenform einer darin ausgebildeten Schulter.

Fig. 4 ist eine isometrische Ansicht der Paneele gemäß Fig. 3 und zeigt eine von der Schulter weggebogene Lippe und Kühlöcher, die in einem Vorderrand ausgebildet sind.

Fig. 5 ist eine isometrische Ansicht von einer Paneele gemäß Fig. 4, die um eine longitudinale Mittellinie gekrümmt ist.

Fig. 1 zeigt einen Ringbrenner 10, wie er in einem Axialströmungs-Gasturbinentriebwerk verwendet wird. Der Brenner 10 weist eine Verbrennungszone 12 auf, die im allgemeinen als derjenige Bereich definiert ist, der von Verkleidungen 14 umgeben ist: Eine radial äußere, ringförmige Verkleidung 14a und eine radial innere, ringförmige Verkleidung 14b. Die äußere Verkleidung 14a und die innere Verkleidung 14b weisen jeweils mehrere axial benachbarte und sich überlappende, ringförmige Reihen auf. Jede Reihe weist mehrere in Umfangsrichtung benachbarte und überlappende Brennerverkleidungspaneelen oder Plattenelemente 16 auf.

In der Verbrennungszone 12 des Brenners 10 werden Brennstoff und Luft verbrannt, und dadurch erzeugte, expandierende Gase verlassen den Brenner durch einen Auslaß 18 und strömen über die Schaufeln eines Turbinenrotors (nicht gezeigt), wodurch der Rotor umläuft und Arbeit abgibt.

Die die Verbrennungszone 12 umgebenden Verkleidungen 14 müssen in der Lage sein, den hohen Temperaturen, die während der Verbrennung erzeugt werden, zu widerstehen. Ein Verkleidungstyp, der diesen hohen Temperaturen widerstehen kann, ist der in Fig. 1 gezeigte und weist mehrere Brennerauskleidungspaneelen 16 auf, die auf einem tragenden bzw. strukturellen Rahmen 20 innerhalb des äußeren Gehäuses (nicht gezeigt) angebracht sind. Jede der Paneele 16 weist eine im allgemeinen L-förmige, hintere Schulter 22 auf, die unmittelbar vor einem hinteren Flansch 24 angeordnet ist, der sich an der Hinterkante der Paneele befindet. Die hintere Schulter 22 ist in einer entsprechend geformten Nut 26 aufgenommen und in geeigneter Weise gehalten. Die Nut 26 ist in dem Rahmen 20 angeordnet und hält somit das hintere Ende der Paneele 16. Ein tragender Vorderflansch 28 in der Paneele 16 ist in einer Vertiefung 30 angebracht, die zwischen dem tragenden Rahmen 20 und dem hinteren Flansch 24 einer anderen Paneele 16 gebildet ist, welche unmittelbar stromaufwärts davon angeordnet ist.

Zwar ist in Fig. 1 ein Ringbrenner gezeigt, die nach dem erfundungsgemäßen Verfahren hergestellten Paneele können jedoch auch in anderen Brennertypen verwendet werden, wie beispielsweise in Topf- oder Topfringbrennern, und auch bei Nicht-Brennerapplikationen, bei denen eine ähnliche Verkleidungsanordnung verwendet wird.

Ein Beispiel der vorstehend beschriebenen Verkleidungsanordnung ist in der US-PS 42 53 301 beschrieben.

Die Erfindung ist auf ein Verfahren zum Herstellen der Paneele 16 aus Metallblech und den dadurch hergestellten Gegenstand gerichtet. Metallblech kann üblicherweise dünner sein als die minimale Dicke von einer Gußpaneele, und deshalb kann das Gewicht einer Metallblechpaneele kleiner sein als das Gewicht einer gegossenen Paneele.

Im weiteren Sinne beinhaltet das erfundungsgemäße Verfahren zum Herstellen der Paneele 16 das Stanzen

und Biegen eines Metallblech-Rohstückes oder eine Metalleile zu einem fertigen Gegenstand. Das Stanzen soll dabei, entweder einzeln oder gemeinsam, die Arbeitsgänge beinhalten, daß das Rohstück zu einer gewünschten Form geschnitten wird, darin Löcher und Kerben ausgebildet und darauf Vertiefungen bzw. Erhebungen ausgebildet werden. Das Biegen soll, entweder einzeln oder gemeinsam, die Arbeitsgänge Biegen, sukzessives bzw. schrittweises Biegen und Biegen des Metallblech-Rohstückes beinhalten, um Flansche, Schultern oder irgendeine Krümmung darin auszubilden. Die vorstehend beschriebenen Schritte können jedoch auf Wunsch ergänzt werden durch zusätzliche Schritte, die einzeln in verschiedenen Abfolgen oder kombiniert werden zu wenigen Arbeitsschritten, je nachdem wie es gewünscht wird. Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, gehört zu dem Verfahren wenigstens die Bildung von Löchern in der Paneele 16 und das Biegen der Paneele 16 zur Bildung einer Schulter darin. Eine Abfolge von Arbeitsschritten bei der Fertigung der Paneele 16 wird im folgenden beschrieben. Daraus werden dann noch weitere Ausführungsbeispiele der Erfindung deutlich.

Gemäß Fig. 2 beinhaltet ein erster Schritt bei der Fertigung der Metallblechpaneele 16 das Ausbilden oder Stanzen einer im allgemeinen rechtwinkligen Paneele oder eines Plattenteils 16 aus Metallblech durch eine Stanzmaschine oder durch irgendein anderes Verfahren zum Schneiden, Stanzen oder maschinellen Bearbeiten.

Die Paneele 16 enthält eine Vorderkante 32 und eine gegenüberliegende Hinterkante 34, die jeweils im wesentlichen senkrecht zu einer axialen oder longitudinale Mittellinie 36, die sich dazwischen erstreckt, ausgerichtet sind. Bei einem Einbau in den Brenner 10 ist die Paneele 16 so ausgerichtet, daß die longitudinale Mittellinie 36 im wesentlichen parallel zu einer Längsachse 37 des Brenners 10 ausgerichtet ist, wie es in Fig. 1 gezeigt ist. Gemäß Fig. 2 enthält die Paneele 16 vorzugsweise auch zwei gegenüberliegende Seitenkanten 38 und 39, die im wesentlichen parallel zur longitudinalen Mittellinie 36 verlaufen. Wenigstens eine der Seitenkanten 38 und 39 und vorzugsweise beide Seitenkanten der Paneele 16 enthalten erste und zweite Seitenflansche 40 bzw. 42. Die Seitenflansche 40 und 42 können sich auf Wunsch im wesentlichen über die gesamte Länge der fertigen Auskleidung erstrecken.

Ein zweiter Schritt in dem Fertigungsverfahren beinhaltet die Durchlöcherung der Paneele 16, um mehrere Löcher 44 auszubilden, die im wesentlichen parallel zu und im Abstand von der Hinterkante 34 ausgerichtet sind. Die Löcher 44 können zwar irgendeine gewünschte Form haben, vorzugsweise sind die Löcher 44 jedoch langgestreckt, d. h. sie haben gerade Seiten und gekrümmte Ende, um Gewicht zu sparen und trotzdem die strukturelle Festigkeit beizubehalten. Eine Hauptachse 46 von jedem der langgestreckten Löcher verläuft vorzugsweise parallel zu der longitudinalen Mittellinie 36.

Es kann wünschenswert sein, daß der Brenner 10 Mittel zum Verdünnen der Mischung von Gasen in der Verbrennungszone 12 enthält. Wie aus Fig. 1 zu ersehen ist, kann eine derartige Verdünnungseinrichtung mehrere Verdünnungslöcher 48 enthalten, die in mehreren Paneele 16 auf dem Umfang um den Brenner 16 herum an dessen Vorderende im Abstand angeordnet sind. An diesen Paneele 16 sind rohrförmige Verdünnungssößen bzw. -augen 50 befestigt, die sich durch die Verdünnungslöcher 48 erstrecken und die in stromabwärtiger

Richtung verlaufende Lippen aufweisen, die einstückig mit deren radial inneren Enden ausgebildet sind. Einige der Paneelen 16 können somit Verdünnungslöcher 48 darin und daran befestigte Augen bzw. Ösen 50 aufweisen, die mit geeignet bemessenen Löchern 52 durch den tragenden Rahmen 20 hindurch ausgerichtet sind, damit relativ große Mengen an Verdünnung und Kühlung (die durch die Strömungspfeile in Fig. 1 angegeben und von einem nicht gezeigten Verdichter geliefert wird) in den Brenner 10 strömen kann.

Um die Verdünnungslöcher 48 auszubilden, kann das Fertigungsverfahren einen dritten Schritt enthalten, um ein im allgemeinen kreisförmiges Verdünnungslöch 48 durch die Paneele 16 hindurch nahe ihrer Mitte auszubilden. Dieses Verdünnungslöch 48 ist in Fig. 2 gestrichelt dargestellt.

Gemäß Fig. 2 enthält das Fertigungsverfahren vorzugsweise einen vierten Schritt, in dem die Tafel 16 tiefgezogen oder gezahnt wird, um mehrere Erhebungen oder Vertiefungen 54 in einer ersten Oberfläche 56 der Paneele auszubilden, die in einer Richtung im wesentlichen parallel zur longitudinalen Mittellinie 36 langgestreckt sind. Die Vertiefungen 54 verstärken die Paneele 16, um eine Biegung über die longitudinale Mittellinie 36 zu verhindern und trotzdem das Gewicht der Paneele zu erhöhen. Die Anzahl der Vertiefungen 54 und auch die Anzahl der Löcher 44, wie sie in Fig. 2 gezeigt sind, sind nur ein Ausführungsbeispiel und können nach Wunsch verändert werden.

Ein fünfter Fertigungsschritt kann das Biegen des ersten Seitenflansches 40 zu einem L-förmigen Teil mit zwei Schenkeln beinhaltet, wie es aus Fig. 2 ersichtlich ist. Ein erster Schenkel 58 erstreckt sich im wesentlichen senkrecht von der ersten Oberfläche 56 der Paneele 16 und ein zweiter Schenkel 60 verläuft im wesentlichen senkrecht zu dem ersten Schenkel 58 und von der Paneele 16 weg. Der erste Seitenflansch 40 soll einen zweiten Seitenflansch 42 auf einer benachbarten Paneele 16 überlappen, wenn zwei Paneelen 16 in Umfangsrichtung benachbart zueinander angebracht sind, um so eine Dichtung zwischen den zwei Paneelen zu bilden. Der zweite Seitenflansch 42 kann beispielsweise einfach eine Vertiefung in der ersten Oberfläche 56 der Paneele 16 aufweisen, um den ersten Seitenflansch 40 einer benachbarten Paneele 16 aufzunehmen.

Wie aus Fig. 2 zu ersehen ist, kann das Fertigungsverfahren einen sechsten Schritt beinhalten, durch den die Vorderkante 32 der Paneele 16 mit Kerben versehen wird, um dadurch mehrere Zacken 32 zu bilden. Der gezackte Abschnitt der Paneele wird in den Vorderflansch 28 eingearbeitet, wie es in Fig. 3 gezeigt ist. Die Zackenausbildung senkt nicht nur das Gewicht der Paneele, sondern gestattet auch, wenn mehrere Paneelen in geeigneter Weise verbunden werden, daß Kühlung um die Zacken 62 herumströmt, um einen Teil einer benachbarten Paneele 16 zu kühlen, wie beispielsweise den hinteren Flansch 24, auf dem der Vorderflansch 28 ruht, wie es in Fig. 1 gezeigt ist. Eine Paneele 16 kann sowohl die Zacken 62 als auch das Verdünnungslöch 48 oder nur eine dieser Maßnahmen oder auch keine enthalten.

Ein siebter Fertigungsschritt führt zu der in Fig. 3 gezeigten Struktur und beinhaltet die Formung des Abschnittes 63 der Paneele 16 neben der Vorderkante 32 zu dem Vorderflansch 28. Das in Fig. 3 gezeigte Ausführungsbeispiel weist eine einfache 90°-Biegung der Paneele 16 nahe ihrer Vorderkante 32 auf. Vorzugsweise geht der vordere Flansch 28 senkrecht von einer zwei-

ten Oberfläche 64 der Paneele 16 aus, wobei die zweite Oberfläche 64 der ersten Oberfläche 56 gegenüberliegt. Der vorderen Flansch 28 kann auch weiter gebogen oder umgefaltet sein zu der U-förmigen Struktur, wie sie in der vorderen Reihe der Tafeln 16 in Fig. 1 gezeigt ist, um dadurch eine gekrümmte Form zu bilden, wie beispielsweise eine im allgemeinen halbkreisförmige Form, die in Richtung auf die Hinterkante 34 der Paneele 16 geöffnet ist.

10 Die acht und neunten Fertigungsschritte können die Ausbildung, beispielsweise durch Biegen oder Falten, der Schulter 22 (siehe Fig. 1) in der Paneele 16 zu einem im allgemeinen L-förmigen Teil beinhalten, wie es am besten aus den Fig. 1, 3, 4 und 5 zu ersehen ist. Die 15 Schulter 22 ist vorzugsweise im Abstand von der Hinterkante 34 angeordnet, so daß ein Teil der Paneele 16 zwischen der Schulter 22 und der Hinterkante 34 den hinteren Flansch 24 bildet, der eine Halterungsauflage für eine axial benachbarte Paneele 16 bildet.

20 Im achtten Schritt durchläuft die Paneele 16 ein im wesentlichen gleichzeitiges Biegen von etwa 90°, 180° bzw. 90° um drei im Abstand angeordnete Linien 65a, 65b bzw. 65c (gestrichelte Linien in Fig. 2), wobei diese Linien im Abstand von und parallel zu der Hinterkante 34 der Paneele 16 verlaufen. Eine Zwischenform der somit gebildeten Schulter 22 (siehe Fig. 3) erstreckt sich im wesentlichen senkrecht von der ersten Oberfläche 56 und weist im wesentlichen anliegende, quer verlaufende, gefaltete Abschnitte 66 und 68 der Paneele 16 auf. Vorzugsweise ist ein Scheitel 70, die 180°-Biegung der Schulter 22, die die äußeren Enden der gefalteten Abschnitte 66 und 68 einstückig verbindet, mit den Mittelpunkten der Löcher 44 fluchtend ausgerichtet, die um eine Mittellinie gefaltet sind, beispielsweise um die Mittellinie 65b, die senkrecht zu der Hauptachse 46 der Löcher 44 angeordnet ist.

30 Beim Stand der Technik muß üblicherweise der innere Biegeradius  $R_1$  (siehe Fig. 3) der 180°-Biegung, wie beispielsweise in dem Scheitel 70, größer oder gleich etwa dem 1,5- bis 2fachen der Plattendicke  $T$  sein, um einen Bruch des Scheitels 70 während des Formverfahrens zu verhindern. Erfindungsgemäß kann jedoch ein Radius  $R_1$ , der viel kleiner als 1,5 bis 2,0  $T$  ist, ausgebildet werden, und dadurch kann die volle Länge der Abschnitte 66 und 68 aneinander anliegen, wodurch ein Scheitel 70 entsteht, der einen kleinen, sich Null nährenden Radius  $R_1$  hat. Demzufolge ist die seitliche Breite des Scheitels 70 etwa 2  $T$ , wodurch die Konturen der bekannten, gegossenen Paneele nahezu dupliziert sind. 35 Die Nachahmung dieser Konturen gestattet, daß eine fertige Paneele 16 mit einer gegossenen Paneele in dem tragenden Rahmen 20 austauschbar ist.

40 An einem dem Scheitel 70 (siehe Fig. 3) gegenüberliegenden Ende der Schulter 22 bilden die gefalteten Abschnitte 66 und 68 eine Zwischenöffnung 71 zwischen sich. Die Öffnung 71 wird gebildet, weil die Paneele 16 gefaltet ist und sich ihre zweite Oberfläche 68 zum Scheitel 70 zwischen den Abschnitten 66 und 68 erstreckt, wodurch aneinander anstoßende Oberflächen der gefalteten Abschnitte 66 und 68 gebildet werden.

45 Ein Ausführungsbeispiel zum Ausbilden der Schulter 22 beinhaltet das Formen der Abschnitte 66 und 68 zu einer umgekehrten V-Form unter Verwendung einer Gesenkform und anschließendes Zusammendrücken oder Prägen der Abschnitte bis sie im wesentlichen aneinander anstoßen. Wie am besten aus Fig. 1 zu ersehen ist, wird die Schulter 22 vorzugsweise in der Form ausgebildet, daß sie von der Verbrennungszone 12 wegge-

richtet ist, wenn mehrere Paneele 16 miteinander verbunden sind, um die Auskleidungen 14 des Brenners 10 zu bilden.

Der neunte Fertigungsschritt, der zu der in Fig. 4 gezeigten Struktur führt, beinhaltet das Biegen des äußeren Abschnitts der Schulter 22 (um die in Fig. 3 gezeigte gestrichelte Linie 65d) zu einer Lippe 72. Die Lippe 72 geht im wesentlichen senkrecht von einem äußeren Ende von einem Basisabschnitt 73 der Schulter 22 aus, und erstreckt sich vorzugsweise in Richtung auf die Vorderkante 32 der Paneele 16. Der Basisabschnitt 73 und die Lippe 72 bilden die Schulter 22, und zwar bilden sie im allgemeinen eine L-förmige Schulter 22, die somit so geformt ist, daß sie in den Schlitz 26 in dem tragenden Rahmen 20 paßt, wie es in Fig. 1 gezeigt ist.

Die Biegung von etwa 90° zwischen dem Basisabschnitt 73 und der Lippe 72 der Schulter 22 hat einen inneren Biegeradius  $R_2$ , der nach dem Stand der Technik größer als oder gleich etwa 1,5 bis 2,0  $T$  sein sollte. Es wird jedoch ein Radius  $R_2$  von etwa Null geschaffen. Ein derartiger scharfer Radius  $R_2$  wird vorgezogen, damit die Schulter 72 richtig in den Schlitz 26 paßt. Zusätzlich kann der Basisabschnitt 73 der Schulter 22 an einem Ende eines Anschlagteils der Nut 26 (siehe Fig. 1) anliegen, auf dem die Lippe 72 ruht, um den begrenzten Raum in dem Schlitz 26 möglichst wirksam auszunutzen.

Wie in Fig. 4 gezeigt ist, weist die Schulter 22 mehrere L-förmige Abschnitte auf, die durch die Löcher 44 beabstandet sind. Genauer gesagt, bildet die Schulter 22 nun eine Struktur mit mehreren Löcher 44, die gemäß Fig. 4 alternativ als Einschnitte oder Kerben beschrieben werden können, die die Lippe 72 in mehrere Lippenabschnitte 72a unterteilen und die auch das äußere Ende des Basisabschnittes 73 der Schulter 22 in mehrere Basisabschnitte 73a unterteilen. Die Löcher 44 sorgen dafür, daß Kühlluft hindurchströmen kann und thermisch bedingte Änderungen in der Umfangsabmessung der Schulter 22 aufgenommen werden, die bei einem Brenner auftreten können.

In einem zehnten Fertigungsschritt werden beispielsweise durch Bohren mehrere Kühllöcher 74 (siehe Fig. 4) durch die Paneele 16 hindurch ausgebildet, wobei diese Kühlöcher vorzugsweise im Abstand von und parallel zu dem Vorderflansch 28 angeordnet sind. Alternativ könnten die Kühlöcher 74 durch Perforation während des zweiten Fertigungsschrittes ausgebildet werden, der vorstehend bereits beschrieben wurde.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, die axial benachbarte Paneele 16 zeigt, hat die Form des vorderen Flansches 28 die Funktion, die zweite Oberfläche 64 der einen Paneele 16 im Abstand von dem hinteren Flansch 24 der benachbarten Paneele 16 anzuordnen, auf dem der vordere Flansch 28 ruht. Dadurch können die Kühlöcher 74 eine Kühlluftströmung derart richten, daß diese auf das hintere Ende 24 einer benachbarten Paneele 16 prallt, um den hinteren Flansch 24 zu kühlen. Die aufprallende Kühlluft kann dann entlang der zweiten Oberfläche 64 der Paneele 16 strömen, um für eine Filmkühlung dieser Oberfläche zu sorgen. Somit arbeiten die vorderen und hinteren Flansche 28 bzw. 24 und die Kühlöcher 74 zusammen, um Mittel zum Kühlen des hinteren Flansches 24 der einen Paneele und der zweiten Oberfläche 64 einer dazu benachbarten Paneele zu bilden.

Wenn eine Paneele 16 ein Verdünnungsloch 48 enthält, wie es in Fig. 1 gezeigt ist, kann das Fertigungsverfahren einen elften Schritt enthalten, durch den die rohrförmige Verdünnungsöse 50 an der Paneele 16 derart

befestigt wird, daß sie durch das Verdünnungsloch 48 hindurchführt. Die Verdünnungsöse 50 kann an der Tafel bzw. Paneele 16 durch Bonden, Löten, Schweißen, aktiviertes Diffusionsbonden oder irgendein anderes 5 Verfahren befestigt werden. Die Verdünnungsöse 50 wird dadurch vorzugsweise einstückig mit der Paneele 16 verbunden.

Eine integrale Verdünnungsöse 50 ist eine Verbesserung gegenüber denjenigen Ausführungsbeispielen, in 10 denen die Verdünnungsöse 50 durch den tragenden Rahmen 20 gehalten wird und sich durch diesen hindurch und auch durch das Verdünnungsloch 48 der Paneele 16 erstreckt. Eine derartige Anordnung erfordert die Beseitigung der Ösen 50 vor einer Beseitigung einer 15 Paneele 16. Ferner waren Montagetafeltoleranzen und Fehlanpassungen durch thermisches Wachstum zwischen der Öse 50 und der Paneele 16 vorhanden, durch die sie gehalten bzw. aufgehängt war. Demzufolge hat eine Paneele 16 mit einem integralen Auge bzw. einer 20 integralen Öse 50, die am Abstand von und mit dem Loch 52 ausgerichtet angeordnet ist, eine verbesserte, kompakte und leichte Paneele 16 zur Folge, und die Ausrichtungs- und Störungsprobleme zwischen der Paneele 16 und dem tragenden Rahmen 20 sind dadurch im 25 wesentlichen eliminiert.

Ein zwölfter Fertigungsschritt kann ein Formen der Paneele 16 in eine gewählte Krümmung um die longitudinale Mittellinie 36 beinhalten, wie es in Fig. 5 dargestellt ist. Der zwölftes Schritt wird vorzugsweise gleichzeitig mit dem neunten Schritt ausgeführt, so daß die Lippenabschnitte 72a (siehe Fig. 4) leichter bogenförmig gemacht werden. Vorzugsweise wird die Paneele 16 zu einem Bogen geformt, wobei der Bogen einen Radius  $R_3$  hat, der von der Längsachse 37 ausgeht und in der 35 Größe im wesentlichen gleich einem Radius  $R_4$  oder  $R_5$  der Auskleidung 14a oder 14b des Brenners 10 ist, wie es in Fig. 1 gezeigt ist.

Die gefertigte Paneele 16, wie sie in Fig. 5 dargestellt ist, ist ein Ausführungsbeispiel zur Verwendung als 40 Brennerverkleidung 14a gemäß Fig. 1. Wie jedoch ebenfalls aus Fig. 1 hervorgeht, erfordert eine geeignete Paneele 16 für die Verkleidung 14b eine hierfür geeignete Krümmung, d. h.  $R_3 = -R_5$ , so daß die zweite Oberfläche 64 konvex ist. Weiterhin kann jede Paneele 16 45 kegelstumpfförmig sein, und demzufolge wird der Radius der Krümmung  $R_3$  in geeigneter Weise verändert von dem vorderen Flansch 28 zum hinteren Flansch 24.

Wenn der Brenner 10 ringförmig ist, wie es in Fig. 1 dargestellt ist, ist die zweite Oberfläche 64 der Paneele 50 16, die zur Verbrennungszone 12 gerichtet ist, konkav auf dem radial äußeren Satz von Paneele 16 der Verkleidung 14a und konvex auf dem radial inneren Satz von Paneele 16 der Verkleidung 14b.

Ein dreizehnter Schritt enthält gemäß Fig. 5 das Einsetzen von Füllmaterial, wie beispielsweise Fülldraht, zwischen den Abschnitten 66 und 68 der Paneele 16, die die Schulter 22 und deren Lippe 72 und das Verbinden der Abschnitte 66 und 68 miteinander. Hierbei kann irgendein Verbindungs- oder Bondingverfahren verwendet werden, wie beispielsweise aktiviertes Diffusionsbonden, Löten oder Schweißen. Ein derartiges Verbinden oder Bonden vergrößert die Dauerhaftigkeit und Festigkeit der Paneele 16 und insbesondere der Schulter 22 und ihrer Lippe 72. Das Bonden füllt auch die Öffnung 71 an der Basis der Schulter 22, um eine aerodynamisch glatte zweite Oberfläche 64 zu bilden. Zusätzlich kann es wünschenswert sein, den vorderen Flansch 28 in ähnlicher Weise mit der ersten Oberfläche

56 des in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiels der Paneelen 16 in der vorderen Reihe zu verbinden.

Es ist wünschenswert, daß das Metallblech, aus dem Paneelen 16 hergestellt sind, gewisse Kriterien erfüllt. Da die Paneelen 16 als eine Brennerauskleidung bzw. als Flammrohr verwendet werden können, muß das Metallblechmaterial insbesondere den relativ hohen Temperaturen widerstehen können, die in dem Brenner 10 auftreten. Da das Metallblech ferner Formschritte durchläuft, sollte es vorzugsweise eine geeignete hohe Duktilität haben, wie sie durch eine Dehnung von beispielsweise etwa 10% bis 20% gemessen wird.

Beispiele für typische Hochtemperatur-Superlegierungen mit geeigneter Duktilität, die im Handel in Metallblechform erhältlich und als Materialien geeignet sind, aus denen die Paneelen 16 gefertigt werden können, sind die folgenden:

- (a) eine unter dem Handelsnamen Hastelloy X bekannte Legierung mit einer nominellen Zusammensetzung, in Gew.-%, von etwa 21,8 Cr, 18,5 Fe, 9,0 Mo, 1,5 Co, 1,0 Mn, 1,0 Si, 0,6 W, 0,1 C und Restmenge Ni, und
- (b) eine als HS-188 bekannte Legierung mit einer nominellen Zusammensetzung von, in Gew.-%, etwa 22,0 Cr, 22,0 Ni, 15,5 W, 3,5 Fe, 1,25 Mn, 0,4 Si, 0,1 C und Restmenge Co.

Selbstverständlich könnten zahlreiche andere Materialien ebenfalls bei der Fertigung der Paneelen bzw. Platten 16 verwendet werden, und die vorstehend beschriebenen Nickenbasis- bzw. Kobaldbasis-Superlegierungsmaterialien sind lediglich als Beispiele angegeben. Vorrangig hat das Metallblechmaterial eine Dicke zwischen etwa 0,38 und 1,52 mm (0,015 und 0,060 Zoll), wobei eine Dicke von 0,81 mm (0,032 Zoll) vorgezogen wird. Für die bestimmte Anwendung der Paneelen als Brennerauskleidungen sorgt ein derartiger Dickenbereich für die richtige Kombination von Festigkeit und Gewicht.

Auf Wunsch kann die Fertigung einen vierzehnten Schritt enthalten, bei dem wenigstens die zweite Oberfläche 64, d. h. die der Verbrennungszone 12 zugewandte Oberfläche der Paneele, mit einem thermischen Oberflächenüberzug überzogen werden, beispielsweise aus Yttriumoxid-stabilisiertem Zirkoniumoxid.

Die vorstehend beschriebenen Formungs-, Stanz-, Kerb-, Perforations-, Senk- und Biegearbeiten können in einer kürzeren Zeit ausgeführt werden und es sind weniger komplizierte und billigere Maschinen verwendbar als bei einem Gießverfahren, und somit werden die Kosten der Paneelen bzw. Platten 16 wesentlich gesenkt.

Selbstverständlich sind noch weitere Ausführungsbeispiele möglich. Beispielsweise können, wie aus Fig. 1 zu ersehen ist, die Formen von einigen der Paneelen 16 variieren in Abhängigkeit von ihren relativen Positionen in der Auskleidung 14. Dementsprechend können die Fertigungsschritte etwas abgewandelt werden, um diese Formänderungen herbeizuführen.

Zusätzlich kann die Reihenfolge der hier beschriebenen Fertigungsschritte umgeordnet werden, wenn dies gewünscht wird. Das Fertigungsverfahren ist auch nicht auf die Fertigung von Brennerauskleidungspaneelen begrenzt, sondern kann zur Herstellung ähnlicher Paneelen mit einer oder mehreren L-förmigen Schultern für irgendeine geeignete, eine Strömung einschließende Applikation verwendet werden, wie sie bei Gasturbi-

nenmotoren auftreten.

3531227

Nummer: 35 31 227  
Int. Cl.<sup>4</sup>: B 21 D 53/84  
Anmeldetag: 31. August 1985  
Offenlegungstag: 5. März 1987

